

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

ARITAKE

Group Art Unit: UNKNOWN

Application No.: New Application

Examiner: UNKNOWN

Filed: CONCURRENTLY HEREWITH

Attorney Dkt. No.: 025720-00009

For: WAVELENGTH FILTER, VARIABLE WAVELENGTH FILTER, AND OPTICAL DEVICE

CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents

P.O. Box 1450

Alexandria, VA 22313-1450

Date: July 14, 2003

Sir:

The benefit of the filing dates of the following prior foreign application(s) in the following foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 2002-215263 filed on July 24, 2002

In support of this claim, certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of these/this document.

Please charge any fee deficiency or credit any overpayment with respect to this paper to Deposit Account No. 01-2300.

Respectfully submitted,



Charles M. Marmelstein  
Registration No. 25,895

Customer No. 004372  
AREN'T FOX KINTNER PLOTKIN & KAHN, PLLC  
1050 Connecticut Avenue, N.W.,  
Suite 400  
Washington, D.C. 20036-5339  
Tel: (202) 857-6000  
Fax: (202) 638-4810  
CMM/jch

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2002年 7月24日

出願番号

Application Number:

特願2002-215263

[ST.10/C]:

[JP2002-215263]

出願人

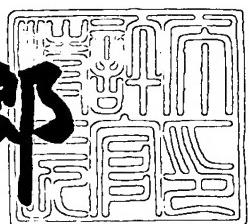
Applicant(s):

富士通メディアバイス株式会社  
富士通株式会社

2003年 3月18日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3018384

【書類名】 特許願

【整理番号】 02052703

【提出日】 平成14年 7月24日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 G02B 5/18  
G02B 5/26

【発明の名称】 波長フィルタ、可変波長フィルタ、及び光学素子

【請求項の数】 21

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通  
株式会社内

【氏名】 有竹 敬和

【特許出願人】

【識別番号】 398067270

【氏名又は名称】 富士通メディアバイス株式会社

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100087480

【弁理士】

【氏名又は名称】 片山 修平

【電話番号】 043-351-2361

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 153948

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0117701

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 波長フィルタ、可変波長フィルタ、及び光学素子

【特許請求の範囲】

【請求項1】 屈折率の異なる領域が交互に配列された格子構造を有する波長フィルタであって、

前記格子構造を光軸方向に所定距離隔てて複数有することを特徴とする波長フィルタ。

【請求項2】 請求項1記載の前記波長フィルタにおいて、

前記格子構造の平均屈折率は、前記格子前後で光が伝播する領域の屈折率よりも大きいことを特徴とする波長フィルタ。

【請求項3】 請求項1記載の前記波長フィルタにおいて、

前記屈折率の異なる領域は、前記光軸に対して垂直方向に交互に配置されることを特徴とする波長フィルタ。

【請求項4】 請求項1記載の前記波長フィルタにおいて、

前記所定距離は、等間隔であることを特徴とする波長フィルタ。

【請求項5】 請求項1記載の前記波長フィルタにおいて、

前記格子構造は、前記光導波路と同一基板上に形成されていることを特徴とする波長フィルタ。

【請求項6】 請求項1記載の前記波長フィルタであって、

前記光導波路は、前記格子構造に直接接続されていることを特徴とする波長フィルタ。

【請求項7】 請求項1記載の前記波長フィルタにおいて、

前記光導波路は、光ファイバを含んで構成されることを特徴とする波長フィルタ。

【請求項8】 請求項1記載の前記波長フィルタにおいて、

前記格子構造を2つ又は3つ有することを特徴とする波長フィルタ。

【請求項9】 物質の異なる領域が交互に配列された格子構造を有する可変波長フィルタであって、

前記格子構造を光軸方向に所定距離隔てて複数有し、

前記物質の少なくとも1つは、電気光学材料であることを特徴とする可変波長フィルタ。

【請求項10】 請求項9記載の前記可変波長フィルタにおいて、  
前記格子構造に電界を導入する電極を有することを特徴とする可変波長フィルタ。

【請求項11】 請求項9記載の前記波長フィルタにおいて、  
前記格子構造の平均屈折率は、前記格子前後で光が伝播する領域の屈折率よりも大きいことを特徴とする可変波長フィルタ。

【請求項12】 請求項9記載の前記可変長フィルタにおいて、  
前記物質の異なる領域は、前記光軸に対して垂直方向に交互に配置されることを特徴とする可変波長フィルタ。

【請求項13】 請求項9記載の前記可変波長フィルタにおいて、  
前記所定距離は、等間隔であることを特徴とする可変波長フィルタ。

【請求項14】 請求項9記載の前記可変波長フィルタにおいて、  
前記格子構造は、前記光導波路と同一基板上に形成されていることを特徴とする可変波長フィルタ。

【請求項15】 請求項9記載の前記可変波長フィルタにおいて、  
前記光導波路は、前記格子構造に直接接続されていることを特徴とする可変波長フィルタ。

【請求項16】 請求項9記載の前記可変波長フィルタにおいて、  
前記電気光学材料は、 $\text{LiNbO}_3$ ,  $\text{LiTaO}_3$ ,  $\text{Pb(Zr, Ti)}_3$ ,  $(\text{Pb, La})(\text{Zr, Ti})_3$ の少なくとも1つであることを特徴とする可変波長フィルタ。

【請求項17】 請求項10記載の前記可変波長フィルタにおいて、  
前記電極は、前記格子構造の光の反射面と透過面との少なくとも一方に形成されていることを特徴とする可変波長フィルタ。

【請求項18】 請求項17記載の前記可変波長フィルタにおいて、  
前記電極は、透明電極であることを特徴とする可変波長フィルタ。

【請求項19】 請求項10記載の前記可変波長フィルタにおいて、前記電極は、2つ以上の前記格子構造に対して共通に形成されていることを特徴とする可変長フィルタ。

【請求項20】 請求項1から8の何れか1項に記載の前記波長フィルタ又は請求項9から19の何れか1項に記載の前記可変波長フィルタを单一基板上に1つ以上有することを特徴とする光学素子。

【請求項21】 請求項1から8の何れか1項に記載の前記波長フィルタ又は請求項9から19の何れか1項に記載の前記可変波長フィルタを单一基板上に2つ以上有する光学素子であって、

前記波長フィルタ及び／又は前記可変波長フィルタ間の距離は、前記所定距離より長いことを特徴とする光学素子。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、波長フィルタ、可変波長フィルタ、及びその光学素子に関し、特に反射型の波長フィルタ、可変波長フィルタ、及びその光学素子に関する。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

本発明に係る従来技術として、図1に示すような波長フィルタが存在する。これを以下、従来技術1という。従来技術1による波長フィルタは誘電体多層膜を用いた光学素子である。従って、これを用いて鋭い波長選択性を実現するためには、膜数を多くする必要がある。しかしながら、膜数を多くするためには多くのコストが必要となるという問題が存在した。

##### 【0003】

また、従来技術1の波長フィルタでは反射波長が固定である。このため、反射波長を変化させるためには、波長フィルタの光軸に対する傾きを機械的な構成を用いて変化させる必要があった。即ち、機械的な構成により波長フィルタへ入射する光の光軸を変化させる必要があった。

##### 【0004】

更にまた、従来技術1の波長フィルタは透過型の光学素子である。このため、これを光通信分野に応用するには、図2に示すように伝播部分である光導波路を物理的に切断する必要がある。しかしながら、図2のように光導波路を切断し、その間に波長フィルタを設ける構成とした場合、光の伝播ロスが大きくなるという問題が発生する。尚、光の伝播ロスを低減する方法としては、波長フィルタを狭帯域で特定波長を反射する反射型の光学素子で構成することが考えられるが、従来ではその実現手法が確立されていなかった。

#### 【0005】

このような状況の下、光軸に対して垂直に交わる平面に微細な格子構造を有することで狭い波長帯域での反射が起こる反射型の波長フィルタがM a g u n u s s o n氏により開示された (A p p l. P h y s. Lett. 61, pp 1022-1024、米国特許第5216680号公報、米国特許第5598300号公報)。この構成を図3 (a) に示す。これを以下、従来技術2とする。また、従来技術2の波長フィルタに関し、RCWA (R i g o r o u s C o u p l e d - W a v e A n a l y s i s) 法を用いた計算により得られた代表的な反射特性の一例を図3 (b) に示す。尚、図3 (b) では反射特性(縦軸)を対数スケールにて表示している。

#### 【0006】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、図3 (b) に示す反射特性を参照すると明らかなように、従来技術2による反射型の波長フィルタは、微小な波長の変化に対して反射率が大きく低下するため、所望の周波数帯域  $f_b$  をカバーする反射を確保できないという問題を有している。このため、現状ではこのような波長フィルタを通信用途として利用することが困難であった。

#### 【0007】

そこで本発明は、かかる問題に鑑みてなされたものであり、通信用途として十分に広い周波数帯域で反射する波長フィルタ及びその光学素子を提供することを目的とする。また本発明は、通信用途として十分に広い周波数帯域で反射し、尚且つ、波長選択性が可変な可変波長フィルタ及びその光学素子を提供することを

目的とする。また本発明は、所望する周波数帯域外の反射率を通信用途として十分に減衰できる光学素子を提供することを目的とする。

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段】

かかる目的を達成するために、本発明は、請求項1記載のように、屈折率の異なる領域が交互に配列された格子構造を有する波長フィルタであって、前記格子構造を光軸方向に所定距離隔てて複数有する。これにより、通信用途として十分に広い周波数帯域で反射する波長フィルタが提供される。

#### 【0009】

また、上記の構成において、請求項2記載のように、例えば、前記格子構造の平均屈折率が、前記格子前後の光伝播領域（光導波路）の屈折率よりも大きい。また、別の例として、請求項3記載のように、前記屈折率の異なる領域が、前記光軸に対して垂直方向に交互に配置される。

#### 【0010】

また、別の例として、請求項4記載のように、前記所定距離が、等間隔である。また、別の例として、請求項5記載のように、前記格子構造が、前記光導波路と同一基板上に形成されている。

#### 【0011】

また、別の例として、請求項6記載のように、前記光導波路が、前記格子構造に直接接続されている。また、別の例として、請求項7記載のように、前記光導波路が、光ファイバを含んで構成される。また、別の例として、請求項8記載のように、前記格子構造を2つ又は3つ有する。

#### 【0012】

また、本発明は、請求項9記載のように、物質の異なる領域が交互に配列された格子構造を有する可変波長フィルタであって、前記格子構造を光軸方向に所定距離隔てて複数有し、前記物質の少なくとも1つが、電気光学材料である。これにより、通信用途として十分に広い周波数帯域で反射し、尚且つ、波長選択性が可変な可変波長フィルタが提供される。

#### 【0013】

また、上記の構成において、例えば、請求項10記載のように、前記格子構造に電界を導入する電極を有する。また、別の例として、請求項11記載のように、例えば、前記格子構造の平均屈折率が、前記格子前後の光伝播領域（光導波路）の屈折率よりも大きい。また、別の例として、請求項12記載のように、前記物質の異なる領域が、前記光軸に対して垂直方向に交互に配置される。

#### 【0014】

また、別の例として、請求項13記載のように、前記所定距離が、等間隔である。また、別の例として、請求項14記載のように、前記格子構造が、前記光導波路と同一基板上に形成されている。

#### 【0015】

また、別の例として、請求項15記載のように、前記光導波路が、前記格子構造に直接接続されている。また、別の例として、請求項16記載のように、前記電気光学材料が、 $\text{LiNbO}_3$ ,  $\text{LiTaO}_3$ ,  $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ , (( $\text{Pb}, \text{La}$ ) $(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ の少なくとも1つである。

#### 【0016】

また、別の例として、請求項17記載のように、前記電極が、前記格子構造の光の反射面と透過面との少なくとも一方に形成されている。また、別の例として、請求項18記載のように、前記電極が、透明電極である。また、別の例として、請求項19記載のように、前記電極は、2つ以上の前記格子構造に対して共通に形成されている。

#### 【0017】

また、本発明は、請求項20記載のように、請求項1から8の何れか1項に記載の前記波長フィルタ又は請求項9から19の何れか1項に記載の前記可変波長フィルタを单一基板上に1つ以上有する光電素子である。これにより、通信用途として十分に広い周波数帯域で反射する光学素子が提供される。尚且つ、波長選択性が可変な光学素子が提供される。また、所望する周波数帯域外の反射率を通信用途として十分に減衰できる光学素子が提供される。

#### 【0018】

また、本発明は、請求項21記載のように、請求項1から8の何れか1項に記

載の前記波長フィルタ又は請求項9から19の何れか1項に記載の前記可変波長フィルタを单一基板上に2つ以上有する光学素子であって、前記波長フィルタ及び／又は前記可変波長フィルタ間の距離が、前記所定距離より長い。

## 【0019】

## 【発明の実施の形態】

## 〔第1の実施形態〕

以下、本発明を好適に実施した第1の実施形態について図面を用いて詳細に説明する。

## 【0020】

図4は、本実施形態の基本原理による波長フィルタ1を示す概略図である。本実施形態による波長フィルタ1は、図4に示すように、光の進行方向（以下、これを光軸方向という）に所定の距離隔てて配置された複数（例えば2つ）の格子フィルタ12を有して構成される。この所定の間隔は、等間隔であってもよいし、異なる距離であってもよい。

## 【0021】

また、格子フィルタ12は、屈折率の異なる物質（高屈折率領域12a、低屈折率領域12b）が光軸10と垂直方向に交互に配列された格子構造を有する。但し、本説明において、高屈折率領域12aの屈折率をnH、低屈折率領域12bの屈折率をnL( $< nH$ )とする。

## 【0022】

高屈折率領域12a、低屈折率領域12bの屈折率nH、nLの平均値 $n_{ave}$ は光導波路14の屈折率 $n_1$ よりも高く、屈折率nLが光導波路14の屈折率 $n_1$ 以上である。更に、高屈折率領域12aと低屈折率領域12bとのピッチは、反射させる波長（以下、ターゲット波長 $\lambda_0$ という）よりも短い間隔（以下、ピッチ間隔Λという）にする。ここで、平均屈折率 $n_{ave}$ は利用する光の偏光により異なる値となる。

## 【0023】

また、それぞれの格子フィルタ12は、光軸に対して所定の厚みdを有する。この厚みdは例えば、高屈折率領域12a、低屈折率領域12bの屈折率の平均

値  $n_{ave}$  とターゲット波長  $\lambda_0$  とを含む以下の関係式（式1）を満足する値とする。

$$n_{ave} \cdot d = \lambda_0 / 2 \quad \cdots \text{ (式1)}$$

## 【0024】

更に、光軸10上に複数配列される格子フィルタ12間の格子間距離（又はギャップともいう：以下、ギャップ  $g$  という）は、格子フィルタ12間に介在する媒体（光導波路14）を形成する物質の屈折率を  $n_1$ 、ターゲット波長を  $\lambda_0$  とすると、以下の（式2）の関係を満足する値にする。尚、（式2）において、  $g_0$  は、本実施形態において反射現象が起こるギャップ  $g$  の最低距離を示し、  $N$  は正の整数を示す。但し、この関係式より得られる値は目安であり、実際には許容範囲として10パーセント程度のマージンが存在する。

$$g = g_0 + N \cdot (\lambda_0 / n_1) \quad \cdots \text{ (式2)}$$

## 【0025】

概略として上記のような構成を有することにより、本実施形態では、波長選択性が向上された波長フィルタ1が実現される。即ち、所望するターゲット波長  $\lambda_0$  近辺のみを好適に反射させる（=フィルタリングする）波長フィルタ1が実現される。尚、光導波路14は、格子フィルタ12に対して直接接続されている。また、光導波路14を、例えば光ファイバ等で構成することも可能である。この場合も、上記と同様の効果を得られる。

## 【0026】

次に、本実施形態による波長フィルタ1の具体的な構成例（これを以下、波長フィルタ1aとする）を、図面を用いて詳細に説明する。

## 【0027】

図5（a）は格子フィルタ12を2層とした場合の波長フィルタ1aの光軸10に沿った構成例を示す断面図であり、図5（b）は図5（a）に示す具体例に関してRCWA法を用いた計算により得られた反射特性を示すグラフである。

## 【0028】

図5（a）において、ターゲット波長  $\lambda_0$  を  $1550 \mu m$  とした。また、光導波路14の屈折率  $n_1$  を  $1.52$  とし、高屈折率領域12aの屈折率  $n_H$  を  $2$ 。

0とし、低屈折率領域12bの屈折率nLを1.96とした。また、格子フィルタ12の厚みdを391.4nmとし、高屈折率領域12a、低屈折率領域12bのピッチ間隔Λを888.13nmとし、ギャップgを1780nmとした。

#### 【0029】

この具体例によれば、図5(b)を参照すると明らかかなように、ターゲット波長 $\lambda_0$ 近辺の反射特性が向上された波長フィルタ1aが実現されている。即ち、ターゲット波長 $\lambda_0$ から所定の幅を有する所望の周波数帯f<sub>b</sub>を確実に反射し得る反射型の波長フィルタ1aが実現されている。尚、所望の周波数帯f<sub>b</sub>とは、例えば光通信において一般に要求される特定波長帯域である。

#### 【0030】

また、上記具体例に挙げた波長フィルタ1aを光導波路14と共に同一基板上に形成した光学素子（例えば波長フィルタ素子100）の一例を図6に示す。図6に示す波長フィルタ素子100において、光導波路14aから入力された入射光は2層の格子フィルタ12を有して成る波長フィルタ1aの反射特性に基づいて反射される。この反射光は、光導波路14bを伝播して外部に出力される。また、2層の格子フィルタ12を透過した透過光は波長フィルタ素子100に吸収されるか、又は外部に出力される。

#### 【0031】

次に、図6に示す波長フィルタ素子100の製造プロセスを以下に図7(a)～(e)及び図8(f)～(j)を用いて詳細に説明する。尚、図7(a)～(d)は図6におけるA-A'の断面図を示し、図7(e)、図8(f)～(j)は図6におけるB-B'の断面図を示す。

#### 【0032】

図7を参照すると、本製造プロセスではまず、LN(LiT<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)基板80上にレジスト81を堆積し、これを高屈折率領域12aを形成するためのパターンで露光する(図7(a))。次に、パターニングされた面上にTiを蒸着してTi膜82を形成し(図7(b))、残っているレジスト81を除去し、同時にレジスト81上に蒸着したTi膜82をリフトオフする(図7(c))。次に、Ti膜82が残っている面をアニール処理することで、蒸着しているTiを拡散

する（図7（d））。これにより、高屈折領域12aが形成され、高屈折率領域12aと低屈折率領域12bとの配列が形成される。尚、LNは低屈折率領域12bの材料であり、Tiが拡散されたLNは高屈折率領域12aの材料である。

#### 【0033】

また、このように縞状の配列を形成すると、この面上にレジスト84を堆積し、これを格子フィルタ12を形成するためのパターンで露光する（図7（e））。更に、レジストが除去された領域をRIE（Reactive Ion Etching）やイオンミリオン等を用いてエッチングする（図8（f））。

#### 【0034】

次に、残っているレジスト84を除去し、その面上にスパッタ法等を用いてSiO<sub>2</sub>膜86を堆積する（図8（g））。更に、SiO<sub>2</sub>膜86が堆積された上にSiO<sub>2</sub>-GeO<sub>2</sub>膜88等を堆積する（図8（h））。その後、SiO<sub>2</sub>-GeO<sub>2</sub>膜88等を堆積した面上にレジストを堆積し、これを光導波路14を形成するためのパターンで露光し、更にレジストが除去された領域をエッチングする（図8（i））。その後、エッチングした面全体にSiO<sub>2</sub>膜90を堆積する（図8（j））。これにより、図6に示すような、波長フィルタ1aが形成される。尚、SiO<sub>2</sub>-GeO<sub>2</sub>は光導波路14の材料である。

#### 【0035】

以上のようなプロセスを経ることで、本実施形態による波長フィルタ1を有する光学素子を製造することが可能である。

#### 【0036】

##### 〔第2の実施形態〕

また、第2の実施形態として、第1の実施形態による波長フィルタ1を3層の格子フィルタ12で構成した場合の具体例（これを以下、波長フィルタ1bとする）を、図面を用いて以下に説明する。

#### 【0037】

図9（a）は3層の格子フィルタ12で構成した場合の波長フィルタ1bの光軸10に沿った構成例を示す断面図であり、図9（b）は図9（a）に示す具体例に対してRCWA法を用いた計算により得られた反射特性を示すグラフである

## 【0038】

図9 (a)において、第1の実施形態と同様に、ターゲット波長 $\lambda_0$ を1550 μmとした。また、光導波路14の屈折率 $n_1$ を1.52とし、物質12aの屈折率 $n_H$ を2.0とし、物質12bの屈折率 $n_L$ を1.96とした。また、格子フィルタ12の厚みdを391.4 nmとし、物質12a, 12bのピッチ間隔Λを888.13 nmとし、ギャップgを1780 nmとした。

## 【0039】

この具体例によれば、図9 (b)に示すように、格子フィルタ12を3層とすることで、反射領域と減衰領域との境を急岐なものとする、即ち所望の周波数帯域 $f_b$ の波長選択性をより向上させることが可能となる。尚、他の構成は第1の実施形態と同様であるため、個々では説明を省略する。

## 【0040】

## 【第3の実施形態】

また、第1の実施形態による光学素子（波長フィルタ素子100）は、波長フィルタ1aを1段で構成されていたが、これを多段に構成してもよい。以下、例として2段で構成した場合を第3の実施形態として図面を用いて詳細に説明する。

## 【0041】

図10は、本実施形態による波長フィルタ素子101の一例を示す図である。波長フィルタ素子101において、光導波路14aから入力された入射光は、まず1段目の波長フィルタ1a1の反射特性に基づいて、光導波路14cへ反射される。尚、波長フィルタ1a1は第1の実施形態で示した2層の格子フィルタ12を有して構成される。また、1段目の波長フィルタ1a1を透過した透過光は波長フィルタ素子101に吸収されるか、又は外部に出力される。

## 【0042】

光導波路14cへ反射された反射光は、次に2段目の波長フィルタ1a2の反射特性に基づいて反射される。この反射光は、光導波路14bを伝播して外部に出力される。尚、波長フィルタ1a2は第1の実施形態で示した2層の格子フィ

ルタ12を有して構成される。また、2段目の波長フィルタ1a2を透過した透過光は波長フィルタ素子101に吸収されるか、又は外部に出力される。

#### 【0043】

図11に本実施形態による波長フィルタ素子101に対してRCWA法を用いた計算により得られた反射特性のグラフを示す。図11を参照すると明らかのように、波長フィルタ1aを多段に設けることで、反射領域と減衰領域との境を急峻なものとし、反射領域以外の波長をより減衰すること、即ち所望の周波数帯域 $f_b$ の波長選択性を向上させ、更に減衰すべき周波数帯域 $f_r$ の減衰率を向上させることが容易に実現される。これは、例えば光通信において一般に要求される特定波長帯域を確実に反射させ、尚且つ、必要でない周波数帯域を必要十分に減衰し得ることが実現されることを意味する。尚、他の構成は第1の実施形態と同様であるため、個々では説明を省略する。

#### 【0044】

##### 〔第4の実施形態〕

また、第3の実施形態に示すような多段に設けられた波長フィルタ（1a1, 1a2）各々を第2の実施形態で示した3層の格子フィルタ12を有する波長フィルタ1bに置き換えてよい。これを以下、第4の実施形態として図面を用いて詳細に説明する。

#### 【0045】

図12は、本実施形態による波長フィルタ素子102の一例を示す図である。波長フィルタ素子102において、光導波路14aから入力された入射光は、まず1段目の波長フィルタ1b1の反射特性に基づいて、光導波路14cへ反射される。尚、波長フィルタ1b1は第2の実施形態で示した3層の格子フィルタ12を有して構成される。また、1段目の波長フィルタ1b1を透過した透過光は波長フィルタ素子102に吸収されるか、又は外部に出力される。

#### 【0046】

光導波路14cへ反射された反射光は、次に2段目の波長フィルタ1b2の反射特性に基づいて反射される。この反射光は、光導波路14bを伝播して外部に出力される。尚、波長フィルタ1b2は第1の実施形態で示した3層の格子フィ

ルタ12を有して構成される。また、2段目の波長フィルタ1b2を透過した透過光は波長フィルタ素子102に吸収されるか、又は外部に出力される。

## 【0047】

図13に本実施形態による波長フィルタ素子102に対してRCWA法を用いた計算により得られた反射特性のグラフを示す。図13を参照すると明らかのように、波長フィルタ1bを多段に設けることで、反射領域と減衰領域との境を急峻なものとし、反射領域以外の波長をより減衰すること、即ち所望の周波数帯域 $f_b$ の波長選択性を向上させ、更に減衰すべき周波数帯域 $f_r$ の減衰率を向上させることが容易に実現される。これは、例えば光通信において一般に要求される特定波長帯域を確実に反射させ、尚且つ、必要でない周波数帯域を必要十分に減衰し得ることが実現されることを意味する。尚、他の構成は第1の実施形態と同様であるため、個々では説明を省略する。

## 【0048】

## 〔第5の実施形態〕

また、上記各実施形態で説明した格子フィルタ12の構造を例えば電気光学効果を有する材料を用いて構成することで、可変波長フィルタ2を構成することも可能である。以下、これを第5の実施形態として図面を用いて詳細に説明する。

## 【0049】

図14は、本実施形態による可変波長フィルタ2の構成を示す図である。尚、本実施形態では2層の格子フィルタ22で構成された場合を例に挙げて説明するが、これに限定されず、3層やそれ以上であってもよい。

## 【0050】

図14を参照すると、本実施形態による格子フィルタ22は、物質22a、22bが光軸10と垂直方向に交互に配列された構成を有する。尚、本説明において、物質22aの電気光学定数を $\alpha_1$ とし、物質22bの電気光学定数を $\alpha_2$ とする。

## 【0051】

物質22a、22bの材料としては、例えばLN(LiNbO<sub>3</sub>)、LT(LiTaO<sub>3</sub>)、PZT(Pb(Zr, Ti)O<sub>3</sub>)、PLZT((Pb, La)

(Zr, Ti)O<sub>3</sub>) 等を適用することが可能である。

#### 【0052】

また、各格子フィルタ22には、電界を導入するための電極23が設けられる。本実施形態では、例として電極23が格子フィルタ22における光を反射する面と透過する面とに設けられた場合を例に挙げる。このような構成により、電気光学効果を有する材料で構成された格子フィルタ22に電界を印加することが可能となる。尚、この電極23にはターゲット波長λ<sub>0</sub>に対して透明な材料が適用される。これは例えばITO(インジウムースズ酸化物)等の透明電極である。

#### 【0053】

以上のように構成することで、本実施形態では、上記各実施形態と同等の効果を奏し、更に電極23に印加する電圧に応じて反射する波長を変化できる可変波長フィルタを実現することが可能である。即ち、波長選択性を多角化することが可能となる。尚、他の構成は第1の実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。

#### 【0054】

##### 〔第6の実施形態〕

また、電極23を第5の実施形態とは別の構成とした場合の例を以下に第6の実施形態として図面を用いて詳細に説明する。

#### 【0055】

図15は、可変波長フィルタ2を用いて構成した光学素子(可変波長フィルタ素子200)の一例を示す図である。図15を参照すると明らかなように、本実施形態では電極24が光軸10上でない領域であって、2層の格子フィルタ22全てに共通となるように形成されている。これにより、第5の実施形態と同様に、電気光学効果を有する物質で構成された格子フィルタ22に電界を印加することが可能となる。尚、この場合、光導波路14と格子フィルタ22とは直接接続される構成となる。

#### 【0056】

また、図15に示す例では、電極24の一方がLN基板の裏面、即ち格子フィルタ22と反対側に設けられているが、これに限定されず、2つの電極24で格

子フィルタ24に電界が印加できる構成であれば如何様にも変化することが可能である。

#### 【0057】

以上のように構成することで、本実施形態では、第5の実施形態と同等の効果を奏することが可能となる。更に電極24を共通に構成するため、製造プロセスを簡素化することが可能となる。尚、他の構成は第1の実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。

#### 【0058】

##### 〔第7の実施形態〕

また、第5の実施形態では、物質22a, 22bが共に電気光学効果を有する材料で構成されていたが、これを例えれば、何れか一方とすることも可能である。これを以下、第7の実施形態として図面を用いて詳細に説明する。

#### 【0059】

図16は、本実施形態による可変波長フィルタ2aの構成を示す図である。本実施形態の場合、電気光学効果を有する物質(22a, 22b)に電界を印加する電極(25)は、図16を参照すると明らかなように、光の反射面における物質22bの領域のみに設けられる。但し、この電極25には、電極23と同様に、ターゲット波長 $\lambda_0$ に対して透明な材料が適用される。

#### 【0060】

以上のように構成することで、本実施形態では、不必要的物質に電界を印加することを回避した可変波長フィルタを提供することが可能となる。即ち、波長選択性を多角化することが可能となる。尚、他の構成は第1の実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。

#### 【0061】

##### 〔第8の実施形態〕

また、第7の実施形態とは別に、電極26を図17に示すように構成することで、物質22a若しくは物質22bの何れか一方のみに電界を印加する電極(26)を、2層の格子フィルタ22で共通に構成することも可能である。

#### 【0062】

以上のように構成することで、本実施形態では、不必要的物質に電界を印加することを回避した可変波長フィルタを提供することが可能となる。更に電極24及び26を共通に構成するため、製造プロセスを簡素化することが可能となる。尚、他の構成は第1の実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。

#### 【0063】

##### 【他の実施形態】

以上、説明した実施形態は本発明の好適な一実施形態にすぎず、本発明はその趣旨を逸脱しない限り種々変形して実施可能である。

#### 【0064】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、通信用途として十分に広い周波数帯域で反射する波長フィルタ及びその光学素子を実現することが可能となる。また、通信用途として十分に広い周波数帯域で反射し、尚且つ、波長選択性が可変な可変波長フィルタ及びその光学素子を実現することが可能となる。更に、所望する周波数帯域外の反射率を通信用途として十分に減衰できる光学素子を実現することが可能となる。

##### 【図面の簡単な説明】

###### 【図1】

従来技術1による波長フィルタの構成を示す図である。

###### 【図2】

従来技術1による波長フィルタの光学素子の構成を示す図である。

###### 【図3】

(a) は従来技術2による波長フィルタの構成を示す図であり、(b) は(a) に示す波長フィルタに関してRCWA法を用いた計算により得られた代表的な反射特性の一例を示すグラフである。

###### 【図4】

本発明の第1の実施形態による波長フィルタ1の概略構成を示す図である。

###### 【図5】

(a) は波長フィルタ1の具体例である波長フィルタ1aの構成を示す図であり、(b) は波長フィルタ1aに関してRCWA法を用いた計算により得られた

代表的な反射特性の一例を示すグラフである。

【図6】

波長フィルタ1aを適用した波長フィルタ素子100の構成例を示す図である。

【図7】

波長フィルタ素子100の製造プロセスの一例を示す図である(a)～(e)

【図8】

波長フィルタ素子100の製造プロセスの一例を示す図である(f)～(j)

【図9】

(a)は本発明の第2の実施形態による波長フィルタ1bの構成を示す図であり、(b)は波長フィルタ1bに関してRCWA法を用いた計算により得られた代表的な反射特性の一例を示すグラフである。

【図10】

本発明の第3の実施形態による波長フィルタ素子101の構成例を示す図である。

【図11】

図10に示す波長フィルタ素子101に関してRCWA法を用いた計算により得られた代表的な反射特性の一例を示すグラフである。

【図12】

本発明の第4の実施形態による波長フィルタ素子102の構成例を示す図である。

【図13】

図12に示す波長フィルタ素子102に関してRCWA法を用いた計算により得られた代表的な反射特性の一例を示すグラフである。

【図14】

本発明の第5の実施形態による可変波長フィルタ2の構成を示す図である。

【図15】

本発明の第6の実施形態による可変波長フィルタ素子200の構成例を示す図である。

## 【図16】

本発明の第7の実施形態による可変波長フィルタ2aの構成を示す図である。

## 【図17】

本発明の第8の実施形態による可変波長フィルタ素子201の構成を示す図である。

## 【符号の説明】

1、1a、1a1、1a2、1b1、1b2 波長フィルタ

2、2a 可変波長フィルタ

10 光軸

12、22 格子フィルタ

12a 高屈折率領域

12b 低屈折率領域

14、14a、14b、14c 光導波路

22a、22b 物質

23、24、25、26 電極

80 LN基板

81、84 レジスト

82 Ti膜

86、90 SiO<sub>2</sub>膜

88 SiO<sub>2</sub>-GeO<sub>2</sub>膜

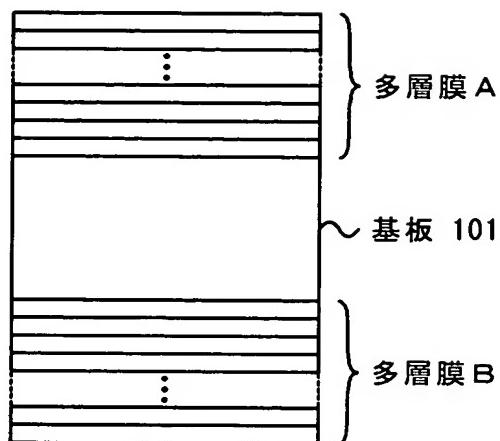
100、101、102 波長フィルタ素子

200、201 可変波長フィルタ素子

【書類名】 図面

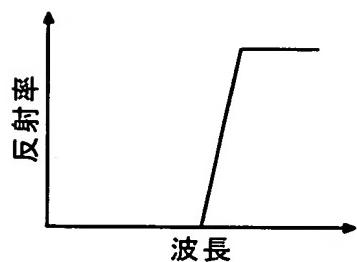
【図1】

(a)

波長フィルタ 100

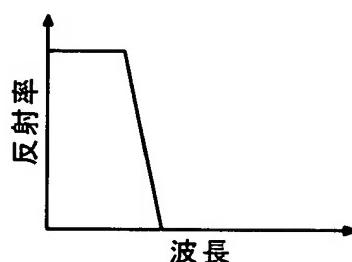
(b)

## 多層膜 A の反射特性

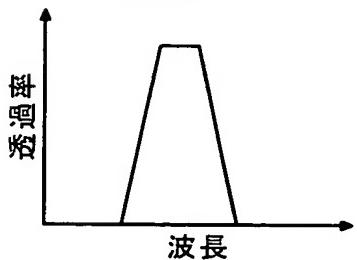


(c)

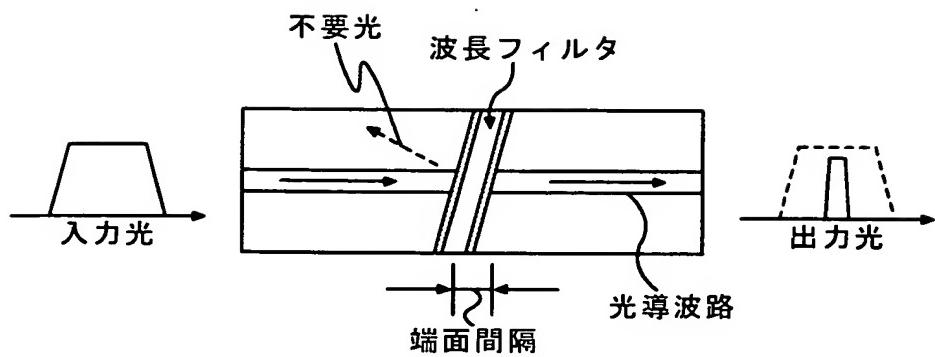
## 多層膜 B の反射特性



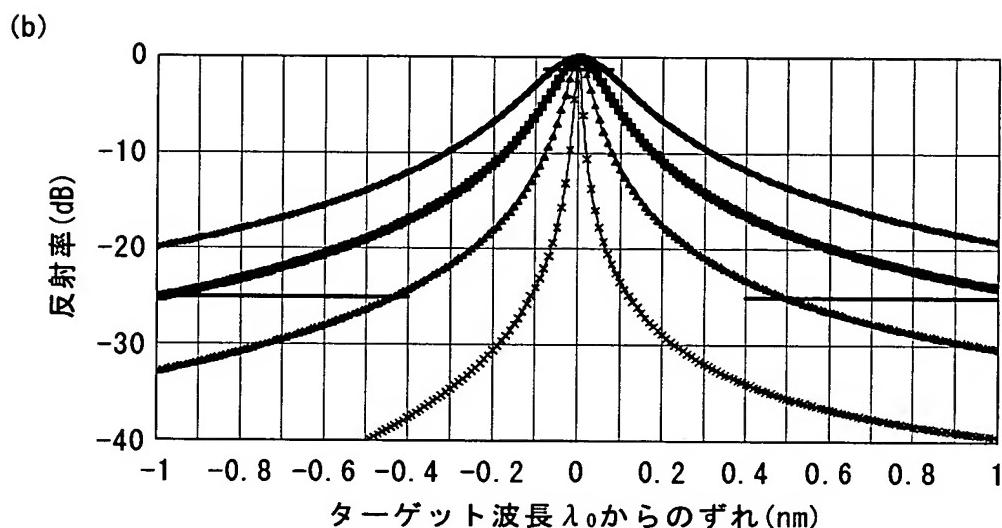
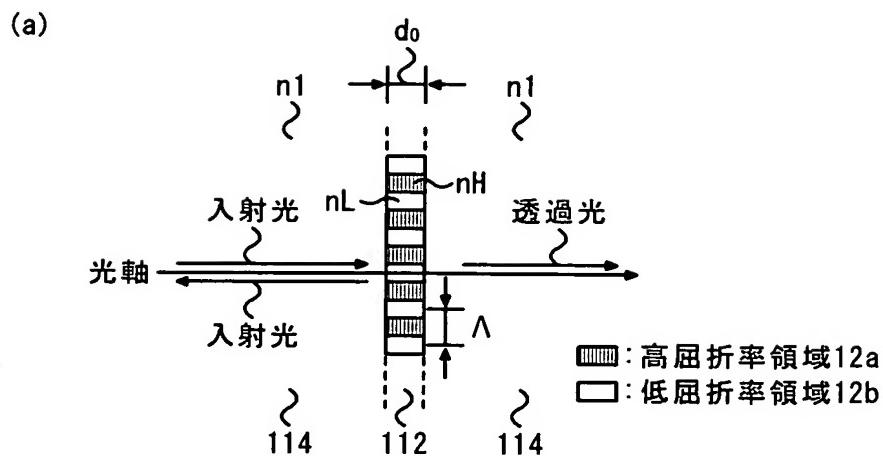
(d)

波長フィルタ100の  
透過特性

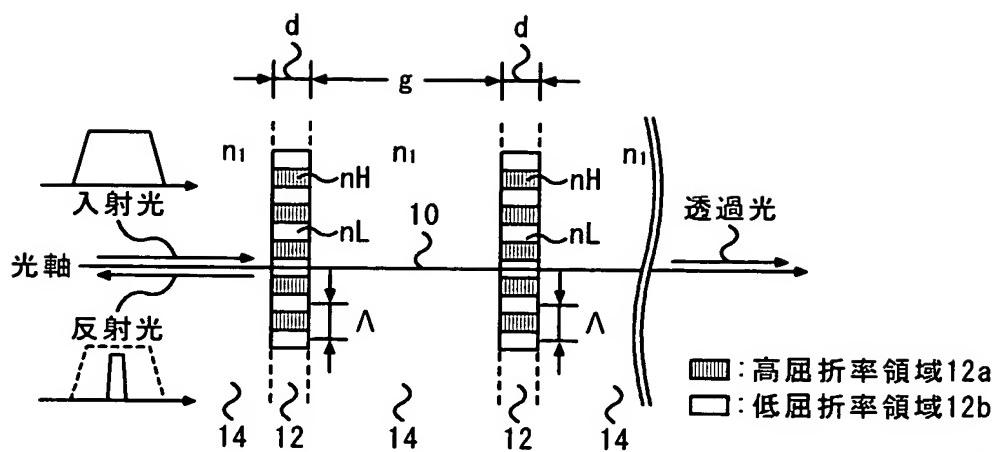
【図2】



【図3】

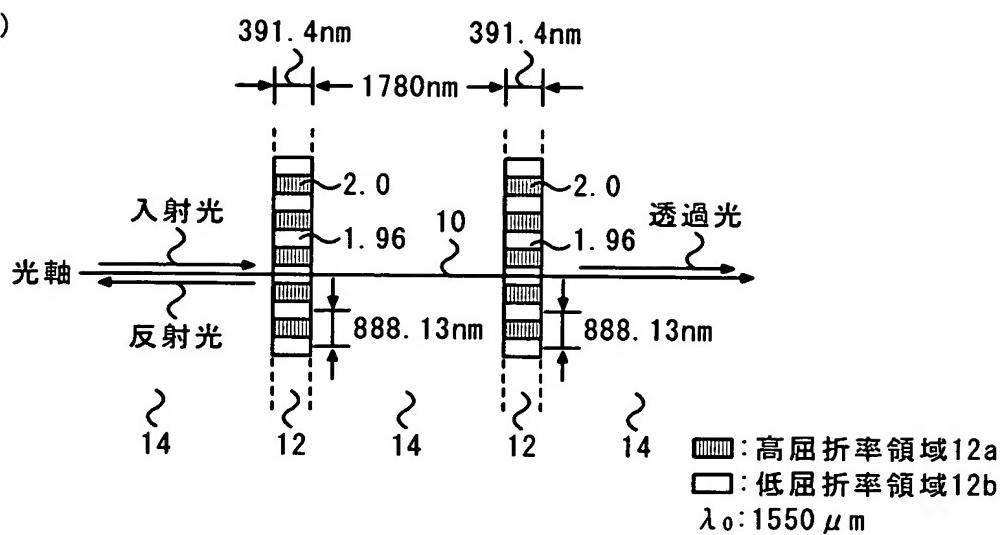


【図4】

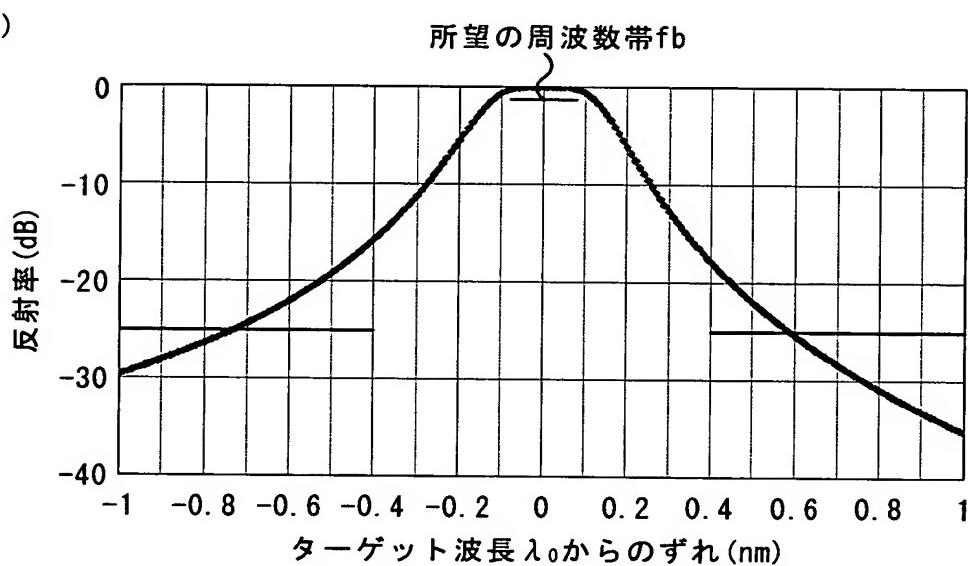


【図5】

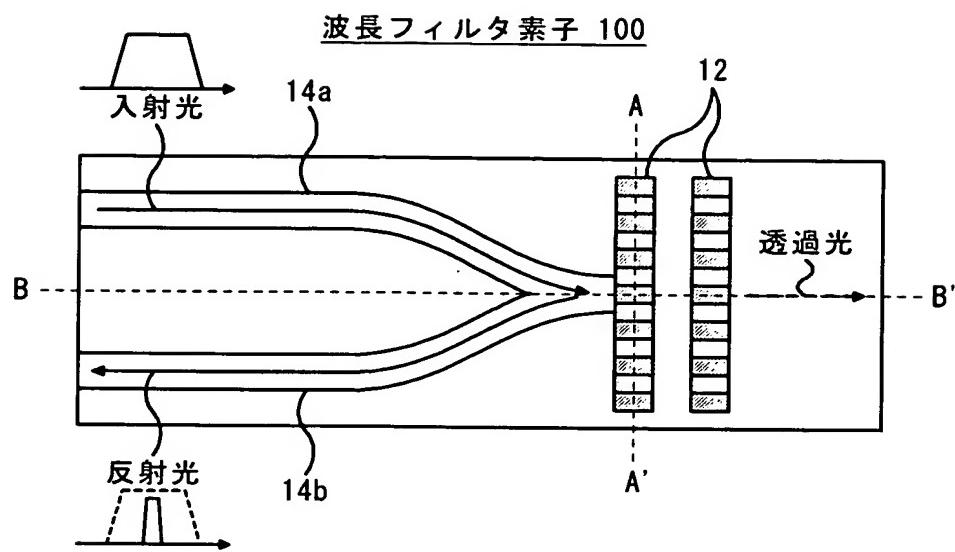
(a)



(b)

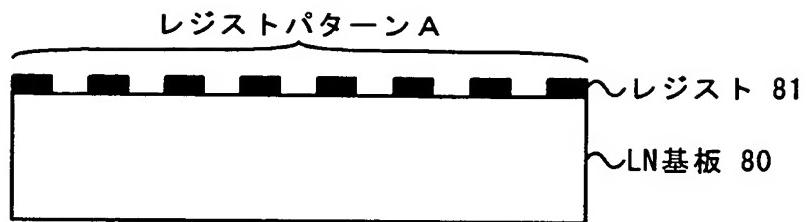


【図6】

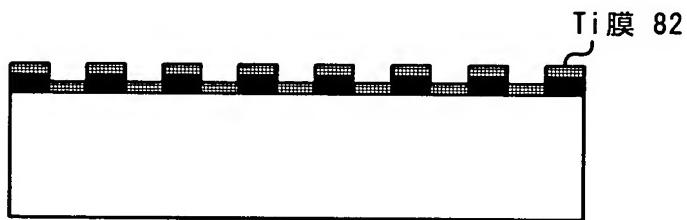


【図7】

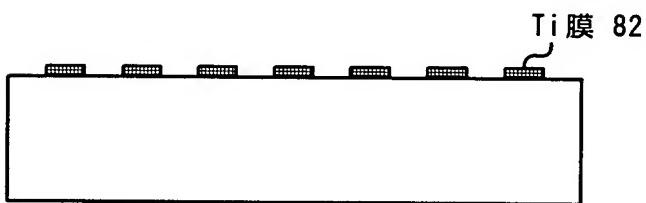
(a)



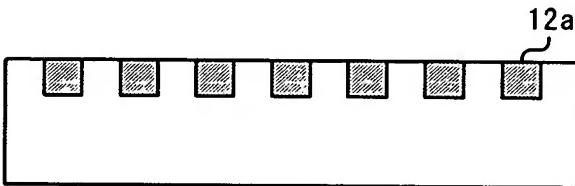
(b)



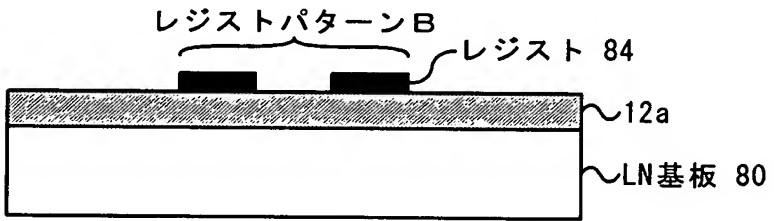
(c)



(d)

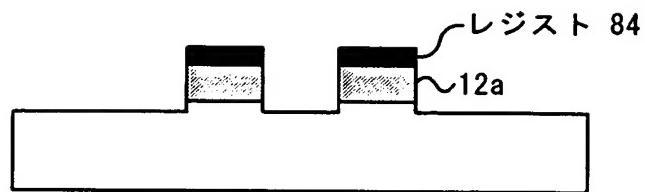


(e)

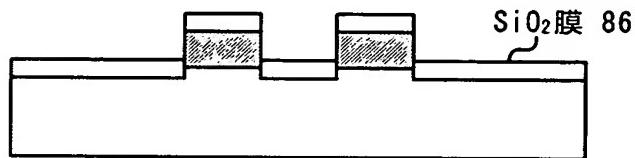


【図8】

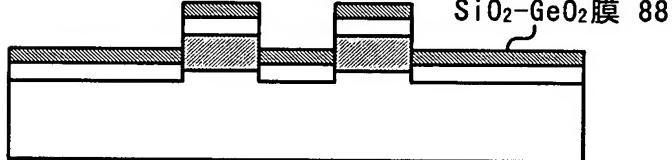
(f)



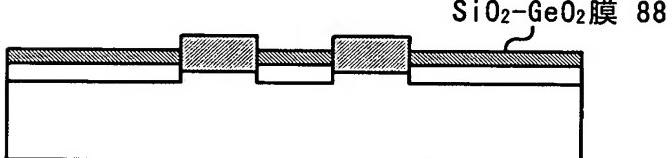
(g)



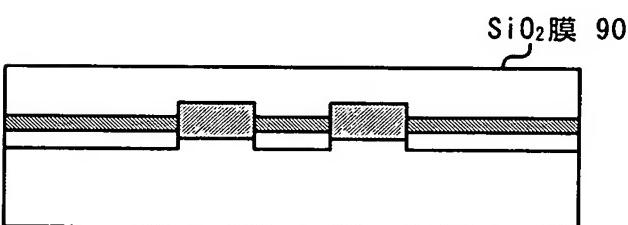
(h)



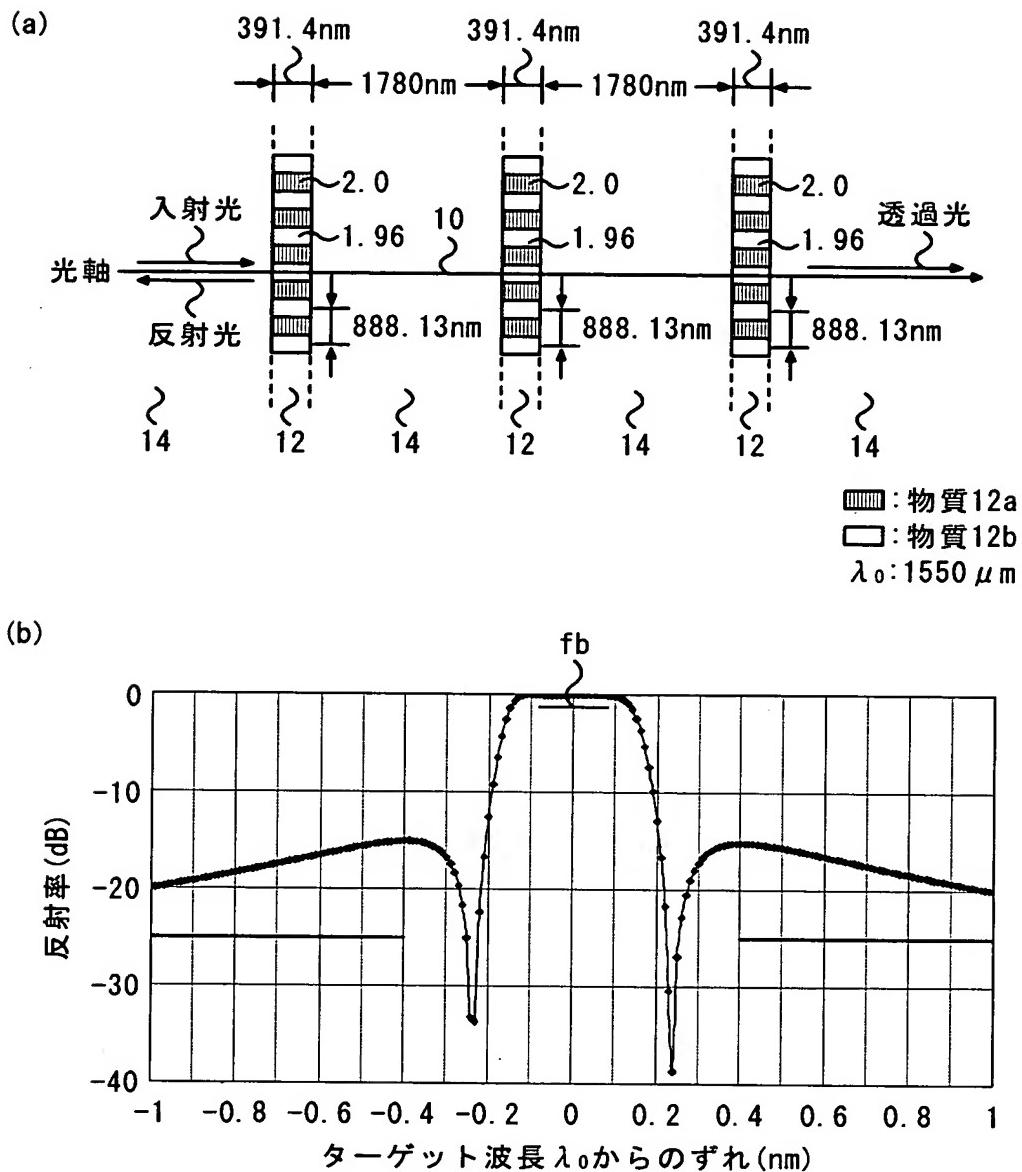
(i)



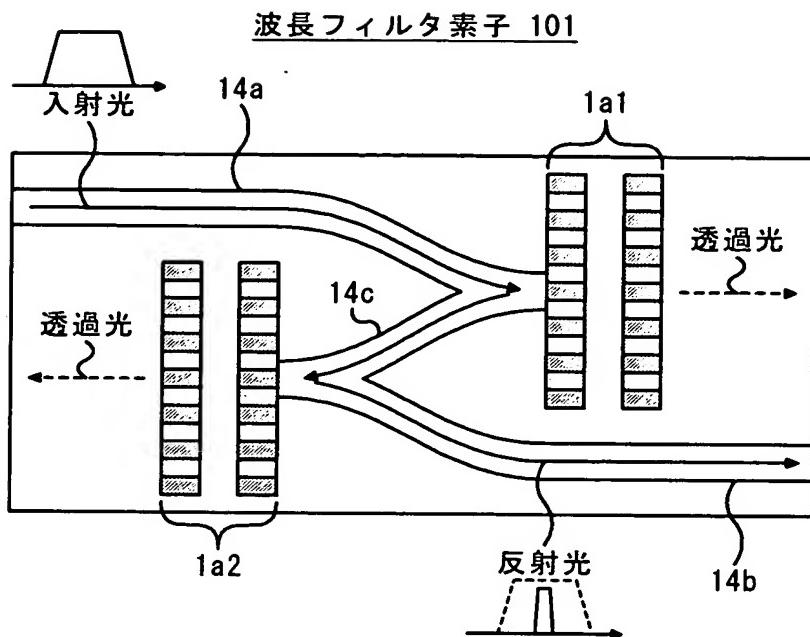
(j)



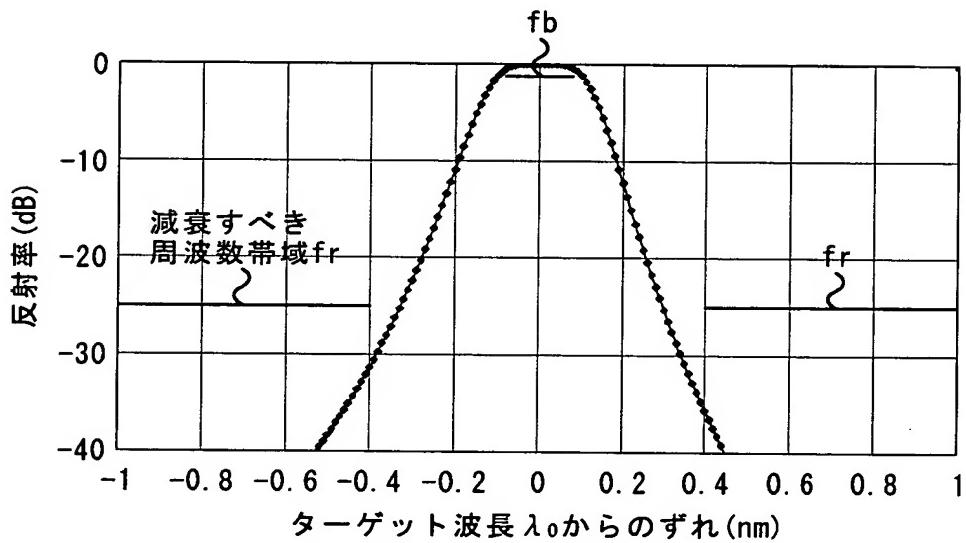
【図9】



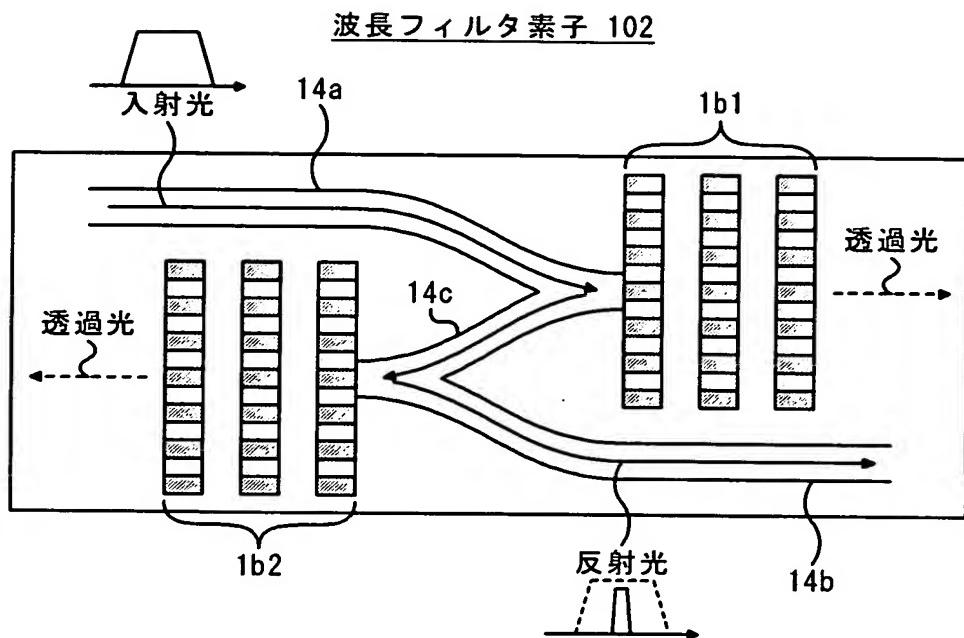
【図10】



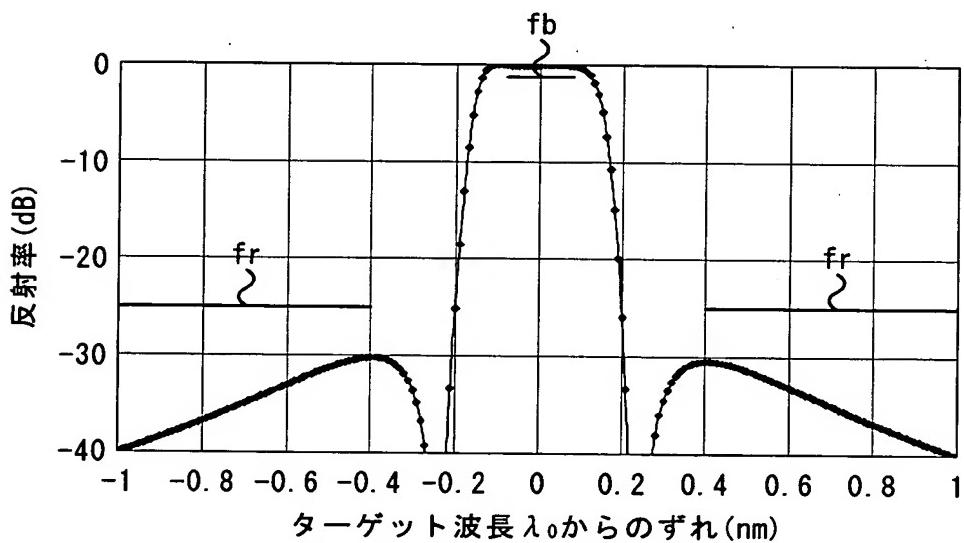
【図11】



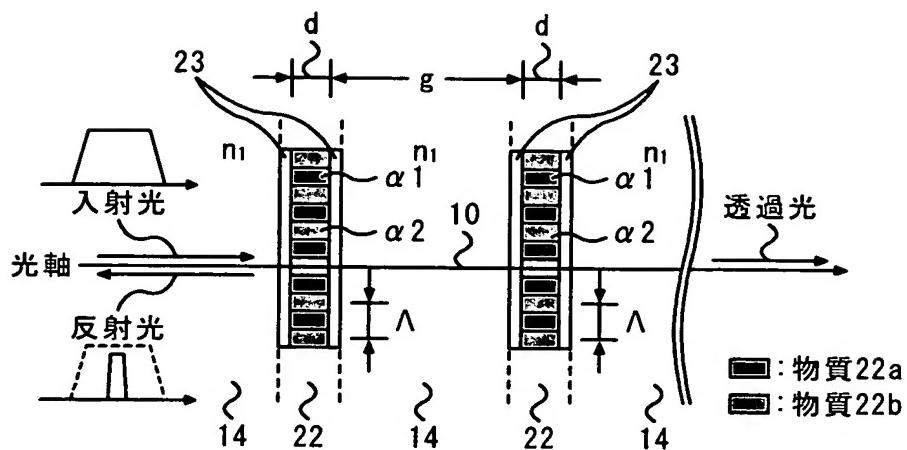
【図12】



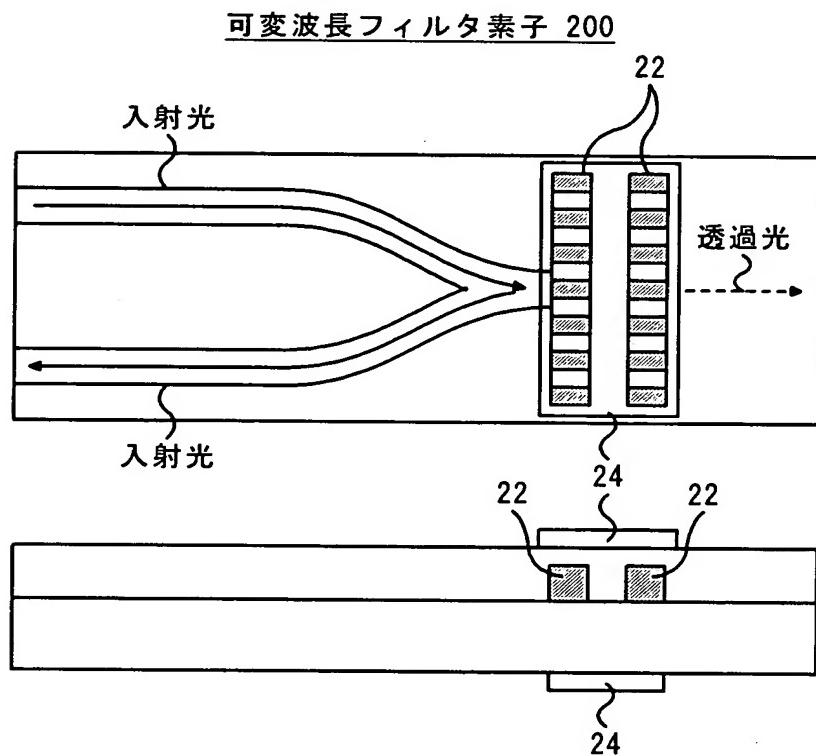
【図13】



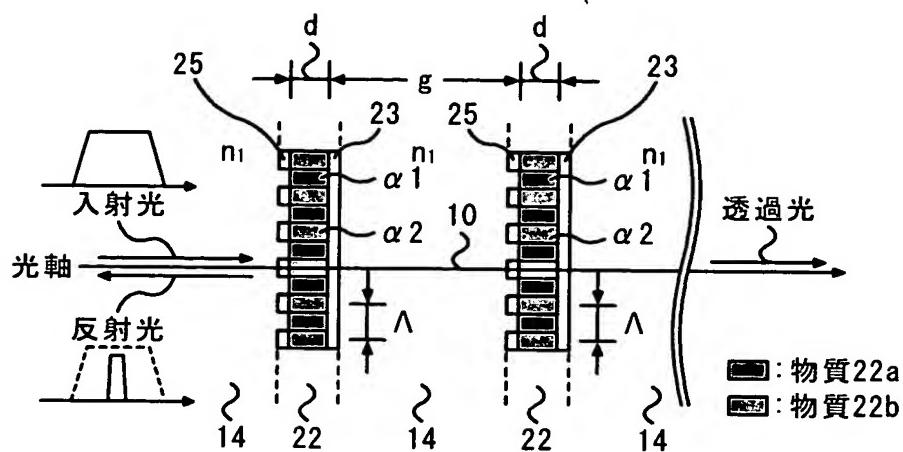
【図14】



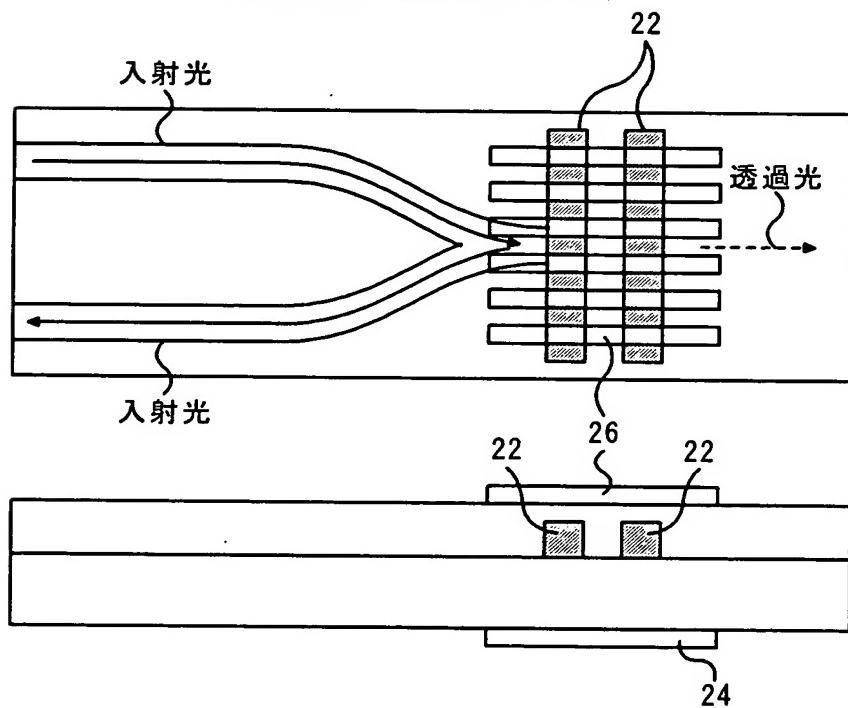
【図15】



【図16】



【図17】

可変波長フィルタ素子 201

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 通信用途として十分に広い周波数帯域で反射する波長フィルタ及びその光学素子を提供する。また、通信用途として十分に広い周波数帯域で反射し、尚且つ、波長選択性が可変な可変波長フィルタ及びその光学素子を提供する。また、所望する周波数帯域外の反射率を通信用途として十分に減衰できる光学素子を提供する。

【解決手段】 波長フィルタ1は、光軸方向に所定の距離隔てて配置された複数の格子フィルタ12を有する。格子フィルタ12は屈折率の異なる物質（高屈折率領域12a、低屈折率領域12b）が光軸10と垂直方向に交互に配列されてなる。これら物質12a、12bの屈折率は共に光導波路14の屈折率よりも高い。また、配列のピッチはターゲット波長 $\lambda_0$ よりも短い間隔 $\Delta$ とする。また、このような波長フィルタ1を複数段構成する。

【選択図】 図4

## 出願人履歴情報

識別番号 [398067270]

1. 変更年月日 1998年10月26日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 長野県須坂市大字小山460番地  
氏 名 富士通メディアデバイス株式会社
2. 変更年月日 2002年10月28日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 神奈川県横浜市港北区新横浜二丁目3番地12  
氏 名 富士通メディアデバイス株式会社
3. 変更年月日 2002年11月 5日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 神奈川県横浜市港北区新横浜二丁目3番12号  
氏 名 富士通メディアデバイス株式会社

出願人履歴情報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日 1996年 3月26日

[変更理由] 住所変更

住 所 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

氏 名 富士通株式会社